

PAT-NO: JP408190030A  
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 08190030 A  
TITLE: CONNECTING STRUCTURE AND CONNECTING METHOD OF DISPERSION  
COMPENSATION OPTICAL FIBER  
PUBN-DATE: July 23, 1996

INVENTOR-INFORMATION:

NAME  
SUGIZAKI, RYUICHI  
AKASAKA, YOICHI  
OGURA, KUNIO

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
FURUKAWA ELECTRIC CO LTD:THE	N/A

APPL-NO: JP07018389

APPL-DATE: January 11, 1995

INT-CL (IPC): G02B006/255, G02B006/14

ABSTRACT:

PURPOSE: To make it possible to connect a dispersion compensation optical fiber having a clad consisting of pure silica to an ordinary single mode optical fiber having a clad consisting of pure silica with low loss.

CONSTITUTION: The dispersion compensation optical fiber 1 having the clad 1b consisting of the pure silica and the single mode optical fiber 2 having the clad 2b consisting of the pure silica are fusion-spliced by interposing an intermediate optical fiber 3 having the same mode field diameter as the mode field diameter of the dispersion compensation optical fiber 1 and having the clad 3b consisting of fluorine doped silica and the core 3a consisting of GeO<sub>2</sub>-doped silica between both optical fibers 1 and 2 in the case of connecting both optical fibers 1, 2. The mode field diameter of the intermediate optical fiber 3 is expanded so as to meet the mode field diameter of the single mode optical fiber 2 by heating the juncture 5 of the intermediate optical fiber 3 and the single mode optical fiber 2.

COPYRIGHT: (C)1996,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-190030

(43) 公開日 平成8年(1996)7月23日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

G 0 2 B 6/255  
6/14

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 0 2 B 6/ 24 3 0 1

審査請求 未請求 請求項の数 4 F D (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平7-18389

(22) 出願日 平成7年(1995)1月11日

(71) 出願人 000005290

古河電気工業株式会社  
東京都千代田区丸の内2丁目6番1号

(72) 発明者 杉▲崎▼ 隆一

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古  
河電気工業株式会社内

(72) 発明者 赤坂 洋一

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古  
河電気工業株式会社内

(72) 発明者 小倉 邦男

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古  
河電気工業株式会社内

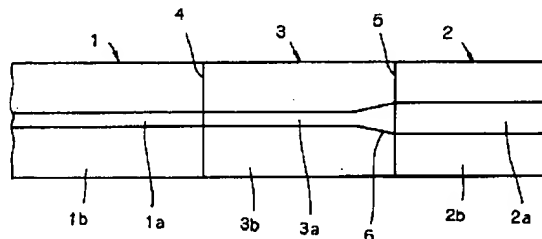
(74) 代理人 弁理士 若林 広志

(54) 【発明の名称】 分散補償光ファイバの接続構造および接続方法

(57) 【要約】

【構成】 クラッド1aが純シリカの分散補償光ファイバ1と、クラッド2aが純シリカの単一モード光ファイバ2とを接続する場合に、両光ファイバ1、2間に、モードフィールド径が分散補償光ファイバ1と同じで、クラッド3bがフッ素ドーパシリカ、コア3aがGeO<sub>2</sub>ドーパシリカの中間光ファイバ3を介在させ、融着接続する。中間光ファイバ3と単一モード光ファイバ2の接続部5を加熱して、中間光ファイバ3のモードフィールド径を単一モード光ファイバ2のモードフィールド径に合うように拡大する。

【効果】 クラッドが純シリカからなる分散補償光ファイバを、クラッドが純シリカからなる通常の単一モード光ファイバと、低損失で接続できる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】クラッドが実質的に純シリカからなる分散補償光ファイバと、クラッドが実質的に純シリカからなる通常の単一モード光ファイバとの接続構造であって、前記分散補償光ファイバと単一モード光ファイバの間に、モードフィールド径が前記分散補償光ファイバのモードフィールド径と実質的に同じで、クラッドがフッ素ドーパントを含むシリカからなる中間光ファイバを介在させ、中間光ファイバの一端を前記分散補償光ファイバと融着接続すると共に、中間光ファイバの他端を前記単一モード光ファイバと融着接続し、中間光ファイバと単一モード光ファイバとの接続部における中間光ファイバのモードフィールド径を単一モード光ファイバのモードフィールド径に合うように拡大したことを特徴とする分散補償光ファイバの接続構造。

【請求項2】中間光ファイバは、クラッドの、単一モード光ファイバのモードフィールド径に相当する径より内側の層にフッ素がドーパされ、それより外側の層にはフッ素が実質的にドーパされていないものであることを特徴とする請求項1記載の分散補償光ファイバの接続構造。

【請求項3】クラッドが実質的に純シリカからなる分散補償光ファイバと、クラッドが実質的に純シリカからなる通常の単一モード光ファイバとの接続方法であって、前記分散補償光ファイバと単一モード光ファイバの間に、モードフィールド径が前記分散補償光ファイバのモードフィールド径と実質的に同じで、クラッドがフッ素ドーパントを含むシリカからなる中間光ファイバを介在させ、中間光ファイバの一端を前記分散補償光ファイバと融着接続すると共に、中間光ファイバの他端を前記単一モード光ファイバと融着接続した後、中間光ファイバと単一モード光ファイバとの接続部を加熱して、その接続部における中間光ファイバのモードフィールド径を単一モード光ファイバのモードフィールド径に合うように拡大することを特徴とする分散補償光ファイバの接続方法。

【請求項4】中間光ファイバとして、クラッドの、単一モード光ファイバのモードフィールド径に相当する径より内側の層にフッ素がドーパされ、それより外側の層にはフッ素が実質的にドーパされていない光ファイバを用いることを特徴とする請求項3記載の分散補償光ファイバの接続方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、分散補償光ファイバと通常の単一モード光ファイバとの接続構造および接続方法に関するものである。

## 【0002】

【従来技術】光通信システムの大容量化を図るため、既

存の伝送路を用いて1550nmの高速通信を行うことが検討されている。しかしながら現在ひろく布設されている1300nm零分散光ファイバは1550nm付近でのモード分散が18ps/nm/km程度あるため、100kmでは1800ps/nmに達し、高速通信を行う場合には何らかの分散補償手段が必要になる。

【0003】分散補償手段として現在もっとも実用的な方法と考えられているのが、伝送路の途中に負の高分散特性をもつ分散補償光ファイバを挿入してモード分散を相殺する方法である。具体的には分散補償光ファイバを小さなパッケージにして、伝送装置に組み込むことが検討されている。

【0004】負の高分散特性をもつ分散補償光ファイバは、 $\Delta$ （比屈折率差）が3%前後と高く、コア径が2~3 $\mu$ mと通常の単一モード光ファイバに比べて極端に小さい構造である。したがって分散補償光ファイバの1550nmでのモードフィールド径は4.5~5.5 $\mu$ m程度となる。

【0005】これに対し、1300nm零分散光ファイバの1550nmでのモードフィールド径は9~11 $\mu$ mであるから、この光ファイバと分散補償光ファイバをコネクタ接続すると、大きな接続損失が生じる。そこで、これを防ぐために、パッケージ内で分散補償光ファイバと通常の単一モード光ファイバとを融着接続して、パッケージから引き出されるリードは通常の単一モード光ファイバとし、1300nm零分散光ファイバとのコネクタ接続を可能にしている。

【0006】この場合、分散補償光ファイバと通常の単一モード光ファイバとの融着接続部は、接続後に加熱してコア内のGeを拡散させる処理（TEC法）を施すことにより、分散補償光ファイバのモードフィールド径を拡大し、単一モード光ファイバのモードフィールド径に合わせるようにしている。これにより融着接続部の接続損失は大幅に低減でき、最終的なコネクタ入力からコネクタ出力までのトータル損失は、分散補償光ファイバに単にコネクタ付けしたものより格段に低減される。

【0007】ところで分散補償光ファイバは、 $\Delta$ を大きくする必要から、コアにGeO<sub>2</sub>を、クラッドにフッ素をそれぞれ高濃度でドーパしている。このような分散補償光ファイバと通常の単一モード光ファイバ（リード用）とを融着接続して、その接続部を加熱した場合、分散補償光ファイバのフッ素ドーパガラスの部分は軟化温度が低く、ガラス構造がルーズなため、GeO<sub>2</sub>の拡散が速く、モードフィールド径の拡大が短時間に進む。これに対し、通常の単一モード光ファイバはクラッドが純シリカで構成されているため、クラッドの軟化温度が高く、GeO<sub>2</sub>の拡散が進みにくい。したがって接続部を一定時間加熱した場合、単一モード光ファイバのモードフィールド径は拡大されずに、分散補償光ファイバのモードフィールド径だけが拡大される。その結果、融着接

続部の接続損失を小さくすることが可能となるわけである。これが従来、分散補償光ファイバとリード用の単一モード光ファイバとの融着接続部で、接続損失を小さくできる理由である。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】ところが最近、分散補償光ファイバとして、分散特性改善のため、コアがGeO<sub>2</sub> 高濃度ドープのセンターコアとフッ素ドープのサイドコアからなり、クラッドが純シリカからなる、W型と呼ばれる複雑な構造の光ファイバを使用することが検討されている。このような分散補償光ファイバは、フッ素をドープしたサイドコアの外径が5μm程度であり、クラッドが純シリカであるから、通常の単一モード光ファイバと融着接続した後、接続部を加熱しても、センターコアのGeO<sub>2</sub> はフッ素をドープしたサイドコアまでしか拡散しない。もしGeO<sub>2</sub> をクラッドまで拡散させようとして加熱時間を長くすれば、リード用の単一モード光ファイバでも同様なGeO<sub>2</sub> の拡散が生じ、単一モード光ファイバのモードフィールド径も同様に拡大してしまう。

【0009】したがってクラッドが純シリカからなる分散補償光ファイバでは、クラッドが純シリカからなる通常の単一モード光ファイバとの融着接続部で、分散補償光ファイバだけ選択的にモードフィールド径を拡大することができず、接続損失を十分に低くすることができない、という問題があった。

【0010】本発明の目的は、クラッドが実質的に純シリカからなる分散補償光ファイバを、クラッドが実質的に純シリカからなる通常の単一モード光ファイバと、低損失で接続する手段を提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】この目的を達成するため本発明では、クラッドが実質的に純シリカからなる分散補償光ファイバと、クラッドが実質的に純シリカからなる通常の単一モード光ファイバとを接続する場合に、前記分散補償光ファイバと単一モード光ファイバの間に、モードフィールド径が前記分散補償光ファイバのモードフィールド径と実質的に同じで、クラッドがフッ素ドープシリカからなり、コアが屈折率を高めるドーパント（GeO<sub>2</sub> 等）を含むシリカからなる中間光ファイバを介在させる。そして中間光ファイバの一端を前記分散補償光ファイバと融着接続すると共に、中間光ファイバの他端を前記単一モード光ファイバと融着接続する。さらに中間光ファイバと単一モード光ファイバとの接続部における単一モード光ファイバのモードフィールド径を単一モード光ファイバのモードフィールド径に合うように拡大する。このモードフィールド径の拡大は、融着接続後、その接続部を加熱することにより行う。

【0012】本発明の接続構造を概念的に図示すると図1のようになる。符号1は分散補償光ファイバで、Ge

O<sub>2</sub> 等を高濃度にドープしたコア（又はGeO<sub>2</sub> 等を高濃度にドープしたセンターコアとフッ素ドープしたサイドコアからなるコア）1aの外周に、純シリカからなるクラッド1bを設けたものである。2は通常の単一モード光ファイバで、GeO<sub>2</sub> 等をドープしたコア2aの外周に、純シリカからなるクラッド2bを設けたものである。分散補償光ファイバ1のモードフィールド径は単一モード光ファイバ2のモードフィールド径より格段に小さい。3は中間光ファイバで、GeO<sub>2</sub> 等を高濃度にドープしたコア3aの外周に、フッ素をドープしたクラッド3bを設けたものである。

【0013】また符号4は分散補償光ファイバ1と中間光ファイバ3との融着接続部、5は中間光ファイバ3と単一モード光ファイバ2との融着接続部、6は中間光ファイバ3と単一モード光ファイバ2との接続部5で中間光ファイバ3のモードフィールド径を単一モード光ファイバ2のモードフィールド径に合うように拡大した部分である。

【0014】

20 【作用】分散補償光ファイバ1と中間光ファイバ3はモードフィールド径が実質的に同じであるから、この両者を通常の融着接続で0.1dB以下の低損失で接続することは容易である。

【0015】一方、中間光ファイバ3と通常の単一モード光ファイバ2はモードフィールド径が異なるが、中間光ファイバ3は、クラッドにフッ素がドープされ、コアに屈折率を高めるドーパント（GeO<sub>2</sub> 等）が含まれているため、加熱されると、単一モード光ファイバ2より速く、コアのドーパントがクラッドに拡散し、モードフィールド径が拡大する。したがって中間光ファイバ3と単一モード光ファイバ2との融着接続部5を加熱することにより、中間光ファイバ3のモードフィールド径を拡大し、単一モード光ファイバ2のモードフィールド径に合わせることができる。モードフィールド径を合わせた状態での接続損失は0.2dB以下にすることが可能である。したがって融着接続部が2箇所になってもトータルの接続損失はほぼ0.3dB以下にとどめることが可能である。

30 【0016】分散補償光ファイバと通常の単一モード光ファイバとを直接融着接続した場合の接続損失は0.8dB以上であるから、これに比較すると本発明は、接続損失を大幅に低減できる。

【0017】

【実施例】

〔実施例1〕次のような光ファイバを用意した。

① 分散補償光ファイバ：コアがGeO<sub>2</sub> 高濃度ドープシリカ、クラッドが純シリカ。Δ=3%、モードフィールド径=5.0μm。

② 通常の単一モード光ファイバ（リード用）：コアがGeO<sub>2</sub> ドープシリカ、クラッドが純シリカ。Δ=0.

4%、モードフィールド径=10 $\mu$ m。

③ 中間光ファイバ:

a. コアがGeO<sub>2</sub> 高濃度ドーブシリカ〔 $\Delta(+)=2.9\%$ 〕、クラッドがフッ素ドーブシリカ〔 $\Delta(-)=0.1\%$ 〕、 $\Delta=3\%$ 、モードフィールド径=5.0 $\mu$ m。

b. コアがGeO<sub>2</sub> 高濃度ドーブシリカ〔 $\Delta(+)=2.7\%$ 〕、クラッドがフッ素ドーブシリカ〔 $\Delta(-)=0.3\%$ 〕、 $\Delta=3\%$ 、モードフィールド径=5.0 $\mu$ m。

c. コアがGeO<sub>2</sub> 高濃度ドーブシリカ〔 $\Delta(+)=2.5\%$ 〕、クラッドがフッ素ドーブシリカ〔 $\Delta(-)=0.5\%$ 〕、 $\Delta=3\%$ 、モードフィールド径=5.0 $\mu$ m。

④ 通常の単一モード光ファイバ(伝送路用):  $\Delta=0.3\%$ 、モードフィールド径=10 $\mu$ m。

【0018】これらの光ファイバから次のようなサンプルを作製した。

サンプルA: ①の分散補償光ファイバの両端に③-aの中間光ファイバを融着接続し、さらに中間光ファイバの外端に②の単一モード光ファイバを融着接続し、中間光ファイバと単一モード光ファイバの融着接続部を加熱して、中間光ファイバのモードフィールド径を拡大し、単一モード光ファイバのモードフィールド径に合わせたも\*

\*の。

サンプルB: ①の分散補償光ファイバの両端に③-bの中間光ファイバを融着接続し、さらに中間光ファイバの外端に②の単一モード光ファイバを融着接続し、中間光ファイバと単一モード光ファイバの融着接続部を加熱して、中間光ファイバのモードフィールド径を拡大し、単一モード光ファイバのモードフィールド径に合わせたもの。

10 サンプルC: ①の分散補償光ファイバの両端に③-cの中間光ファイバを融着接続し、さらに中間光ファイバの外端に②の単一モード光ファイバを融着接続し、中間光ファイバと単一モード光ファイバの融着接続部を加熱して、中間光ファイバのモードフィールド径を拡大し、単一モード光ファイバのモードフィールド径に合わせたもの。

【0019】各サンプルの融着接続部の接続損失を測定した結果は表1のとおりであった。この結果によれば、中間光ファイバのクラッドへのフッ素ドーブ量は、微量でも接続損失の低減効果がある(サンプルA)が、 $\Delta(-)=0.3\%$ 以上(サンプルB、C)になると、接続損失の低減効果が良好なレベルで安定することが分かる。

【0020】

【表1】

	①と③間の接続損失	③と②間の接続損失	合計接続損失
サンプルA	0.10 dB	0.35 dB	0.45 dB
サンプルB	0.13	0.15	0.28
サンプルC	0.15	0.15	0.25

【0021】また各サンプルの両端にコネクタを取り付け、④の単一モード光ファイバとコネクタ接続した結果、分散補償光ファイバの片側におけるコネクタを含む合計接続損失は0.65~0.45 dBであった。この結果は、次の比較例1、2に比べ、接続損失がほぼ半分以上という良好なものである。

【0022】〔比較例1〕実施例1の①の分散補償光ファイバの両端にコネクタを取り付け、④の単一モード光ファイバとコネクタ接続を行ったところ、接続損失は片側で1.2 dBと大きな値を示した。

【0023】〔比較例2〕実施例1の①の分散補償光ファイバの両端に、②のリード用単一モード光ファイバを融着接続したところ、接続損失は片側で1.2 dBと大きな値を示した。また融着接続部を加熱したところ、1分程度の加熱で接続損失は1.0 dBまで低下したが、さらに加熱を続けると接続損失は逆に増加した。これは、単一モード光ファイバのコアのGeO<sub>2</sub> がクラッドへ大きく拡散して $\Delta$ が低下し、光の漏れが大きくなったためである。したがってこの方法では接続損失を1 dB※50

※以下にすることができなかった。

【0024】また、実施例1の①の分散補償光ファイバの両端に、②のリード用単一モード光ファイバを融着接続し、融着接続部を加熱して接続損失を1.0 dBとしたサンプルの両端にコネクタを取り付けて、④の単一モード光ファイバとコネクタ接続したところ、分散補償光ファイバの片側におけるコネクタを含む合計接続損失は最小で1.2 dBであった。

【0025】〔実施例2〕実施例1の①の分散補償光ファイバの代わりに次の分散補償光ファイバを用意した。

⑤ 分散補償光ファイバ: センターコアがGeO<sub>2</sub> 高濃度ドーブシリカ〔 $\Delta(+)=3\%$ 〕、サイドコアがフッ素ドーブシリカ〔 $\Delta(-)=0.3\%$ 〕、クラッドが純シリカのW型。モードフィールド径=5.0 $\mu$ m。  
このほかに実施例1の②、③、④の光ファイバを用意した。

【0026】これらの光ファイバから次のようなサンプルを作製した。

サンプルD: ⑤の分散補償光ファイバの両端に③-aの

中間光ファイバを融着接続し、さらに中間光ファイバの外端に②の単一モード光ファイバを融着接続し、中間光ファイバと単一モード光ファイバの融着接続部を加熱して、中間光ファイバのモードフィールド径を拡大し、単一モード光ファイバのモードフィールド径に合わせたものの。

サンプルE：⑤の分散補償光ファイバの両端に③-bの中間光ファイバを融着接続し、さらに中間光ファイバの外端に②の単一モード光ファイバを融着接続し、中間光ファイバと単一モード光ファイバの融着接続部を加熱して、中間光ファイバのモードフィールド径を拡大し、単一モード光ファイバのモードフィールド径に合わせたものの。

サンプルF：⑤の分散補償光ファイバの両端に③-cの中間光ファイバを融着接続し、さらに中間光ファイバの\*

\*外端に②の単一モード光ファイバを融着接続し、中間光ファイバと単一モード光ファイバの融着接続部を加熱して、中間光ファイバのモードフィールド径を拡大し、単一モード光ファイバのモードフィールド径に合わせたものの。

【0027】各サンプルの融着接続部の接続損失を測定した結果は表2のとおりであった。この結果からも、中間光ファイバのクラッドへのフッ素ドーパ量は、微量でも接続損失の低減効果がある（サンプルD）が、 $\Delta$ （-）=0.3%以上（サンプルE、F）になると接続損失の低減効果が良好なレベルで安定することが分かる。

【0028】

【表2】

	⑤と③間の接続損失	③と②間の接続損失	合計接続損失
サンプルD	0.10 dB	0.35 dB	0.45 dB
サンプルE	0.11	0.15	0.26
サンプルF	0.13	0.15	0.28

【0029】また各サンプルの両端にコネクタを取り付け、実施例1の④の単一モード光ファイバとコネクタ接続した結果、分散補償光ファイバの片側におけるコネクタを含む合計接続損失は0.65～0.42 dBであった。この結果は、次の比較例3、4に比べ、接続損失がほぼ半分以下という良好なものである。

【0030】〔比較例3〕実施例2の⑤の分散補償光ファイバの両端にコネクタを取り付け、実施例1の④の単一モード光ファイバとコネクタ接続を行ったところ、接続損失は片端で1.3 dBと大きな値を示した。

【0031】〔比較例4〕実施例2の⑤の分散補償光ファイバの両端に、実施例1の②のリード用単一モード光ファイバを融着接続したところ、接続損失は片端で1.1 dBと大きな値を示した。また融着接続部を加熱しても接続損失は低下せず、加熱を続けると、単一モード光ファイバのコアのGeO<sub>2</sub>の拡散により接続損失が1.3 dB以上になってしまった。

【0032】また、実施例2の⑤の分散補償光ファイバの両端に、実施例1の②のリード用単一モード光ファイバを融着接続したサンプルの両端にコネクタを取り付けて、実施例1の④の単一モード光ファイバとコネクタ接続したところ、分散補償光ファイバの片側におけるコネクタを含む合計接続損失は最小で1.3 dBであった。

【0033】なお以上の実施例では、中間光ファイバとしてクラッド全体にフッ素をドーパした光ファイバを使用した。中間光ファイバとしては、クラッドの、単一モード光ファイバのモードフィールド径に相当する径より内側の層にフッ素がドーパされ、それより外側の層に※50

※はフッ素が実質的にドーパされていない光ファイバを使用することが望ましい。このようにすると単一モード光ファイバとの融着接続部を加熱した際に、中間光ファイバのコアのドーパントがクラッドに拡散する範囲が制限され、中間光ファイバのモードフィールド径を、単一モード光ファイバのモードフィールド径に合わせることが容易になる。

【0034】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、クラッドが実質的に純シリカからなる分散補償光ファイバを、クラッドが実質的に純シリカからなる通常の単一モード光ファイバと接続する場合に、低損失で接続できるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明による分散補償光ファイバの接続構造を示す説明図。

【符号の説明】

- 1：分散補償光ファイバ
- 1a：コア
- 1b：クラッド
- 2：通常の単一モード光ファイバ
- 2a：コア
- 2b：クラッド
- 3：中間光ファイバ
- 3a：コア
- 3b：クラッド
- 4、5：融着接続部
- 6：モードフィールド径拡大部

(6)

特開平8-190030

【図1】

